



REC'D 25 JUN 2001

WIPO

PCT

E J. V

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**Aktenzeichen:**

100 09 781.2

**Anmeldetag:**

1. März 2000

**Anmelder/Inhaber:**

Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:**

Bürstenloser Gleichstromantrieb

**IPC:**

H 02 H, H 02 P, B 62 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Juni 2001

**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

Weihmayer

R. 37638

11.02.2000

5

ROBERT BOSCH GmbH, 70442 Stuttgart

10

Bürstenloser Gleichstromantrieb

15

Stand der Technik

20 Die Erfindung geht aus von einem bürstenlosen Gleichstromantrieb nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

25 In Kraftfahrzeugen werden permanenterregte, bürstenlose Gleichstromantriebe zu vielfältigen Zwecken, darunter auch für elektrische Servolenkungen, verwendet. Diese Gleichstromantriebe weisen einen Synchronmotor mit einer vorzugsweise in Stern geschalteten Ankerwicklung und einem permanenterregten Rotor auf. Die Ankerwicklung ist über einen  
30 Umrichter in Brückenschaltung mit sechs Halbleiter-Leistungsschaltern an das Gleichspannungsnetz angeschlossen. Der die Kommutierung der Ankerwicklung bewirkende Wechselrichter wird von einem elektronischen Steuergerät

gewünschte Fail-Silent-Verhalten des Gleichstromantriebs ohne teure externe Bauelemente, wie sie mechanische Kupplungen darstellen, mit einfachen Schaltungsmaßnahmen im Antrieb selbst erreicht wird. Damit wird der Gleichstromantrieb

5 kompakter und benötigt weniger Bauraum, so daß er vielseitiger einsetzbar ist. Die Zusatzkosten, die für das erwünschte Verhalten des Gleichstromantriebs im Fehlerfall aufzubringen sind, sind deutlich reduziert.

10 Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Patentanspruchs 1 angegebenen Gleichstromantriebs möglich.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind  
15 die Trennmittel zum Auftrennen der Verbindungen zwischen den Wicklungsphasen der Ankerwicklung durch eine Steuereinheit, die den Fehlerfall erkennt, aktivierbar.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist  
20 hierzu die Steuereinheit in jeder Verbindungsleitung zwischen der als Brückenschaltung mit Halbleiterschaltern ausgebildeten Schaltvorrichtung und der Ankerwicklung angeordnete Meßshunts auf. In gleichzeitigen Sperrphasen aller Halbleiterschalter werden die über die Meßshunts  
25 fließenden Ströme gemessen, und bei Auftreten eines signifikant von Null abweichenden Stromwerts in einem der Meßshunts gibt die Steuervorrichtung ein Aktivierungssignal an die Trennmittel aus. Eine solche Ausbildung der Steuereinheit, mit der in der Schaltvorrichtung auftretende  
30 Fehler erkannt werden, hat den Vorteil, daß die bereits aus anderen Gründen zur Strommessung in dem Gleichstromantrieb vorhandenen Meßshunts zur Erkennung des Fehlerfalls herangezogen werden können, wodurch sich der

Schaltungsaufwand weiter reduziert. Fehler in der Ankerwicklung selbst können z. B. durch Messen des an der Abtriebswelle des Synchronmotors abgegebenen Bremsmoments erfaßt werden, was bei elektrischen Servolenkungen von  
5 Vorteil ist, da in den Stellgliedern der elektrischen Lenkvorrichtungen bereits Sensoren zur Messung der an den Eingangs- und Ausgangswellen auftretenden Drehmomente vorhanden sind.

10 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist bei einer Sternschaltung der Ankerwicklung die Steuereinheit Meßshunts auf, die jeweils eine Wicklungsphase der Ankerwicklung mit dem Sternpunkt verbinden. Die Steuereinheit mißt fortlaufend die über die Meßshunts fließenden Ströme  
15 nach Betrag und Phase und addiert die Shuntströme vektoriell. Bei einem signifikanten Abweichen des Additionsergebnisses von Null gibt die Steuereinheit ein Aktivierungssignal an die Trennmittel. Mit einer solchen Steuereinheit werden sowohl Fehler in der Halbleiter-Schaltvorrichtung als auch Fehler in  
20 der Ankerwicklung erkannt und entsprechend die Trennmittel aktiviert.

Gemäß vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung können die Trennmittel so ausgebildet sein, daß sie eine  
25 irreversible oder reversible Auftrennung der Verbindungen zwischen den Wicklungsphasen der Ankerwicklung bewirken. Eine irreversible Auftrennung kann mittels pyrotechnischer Sprengladungen oder mittels Schmelzsicherungen herbeigeführt werden. Für die reversible Auftrennung werden elektrische  
30 Kontakte verwendet, die elektronisch oder mechanisch steuerbar sind. Bei Ankerwicklungen in Sternschaltung wird der Sternpunkt aufgetrennt, bei Ankerwicklungen in

Dreieckschaltung muß jede Wicklungsphase von den Wicklungsanschlüssen abgetrennt werden.

#### Zeichnung

5

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

10

Fig. 1 ein Schaltbild eines bürstenlosen Gleichstromantriebs,

Fig. 2 ein Schaltbild einer modifizierten Ankerwicklung für den Gleichstromantrieb in Figur 1,

15

Fig. 3 ein Schaltbild der Ankerwicklung des Gleichstromantriebs in Fig. 1 mit modifizierter Steuereinheit zum Ansteuern von Trennmitteln zum Auftrennen der Ankerwicklung.

#### 20 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Der in Fig. 1 im Prinzipschaltbild dargestellte bürstenlose Gleichstromantrieb weist einen Synchronmotor auf, der mittels einer Schaltvorrichtung 11 zum elektronischen Kommutieren an einer Gleichspannungsquelle 10 betrieben wird. Der hier nur mit seiner Ankerwicklung 12 dargestellte Synchronmotor weist in bekannter Weise einen die Ankerwicklung 11 aufnehmenden Stator oder Ständer und einen im Stator drehenden Rotor oder Läufer mit Permanentmagnetpolen auf. Die dreiphasig ausgeführte Ankerwicklung 12 weist im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 drei in Stern geschaltete Wicklungsphasen 13 auf, deren Anschlüsse 1, 2 und 3 über Verbindungsleitung 14 mit der Schaltvorrichtung 11 verbunden sind.

Die als B6-Wechselrichter ausgeführte Schaltvorrichtung 11 weist sechs Halbleiterschalter 15, vorzugsweise MOS-FETS, auf, die in Brückenschaltung angeordnet sind. Die zu den  
5 Wicklungsanschlüssen 1,2 und 3 führenden Verbindungsleitungen 14 sind dabei jeweils an dem Abgriff 4, 5 und 6 eines jeweils durch Reihenschaltung zweier Halbleiterschalter 15 gebildeten Brückenzeigs angeschlossen, der in der Verbindung der beiden Halbleiterschalter 15 liegt. Zum Kommutieren der  
10 Ankerwicklung 12, d. h. zum zeitlich richtigen Anlegen der Wicklungsphasen 13 an die Gleichspannungsquelle 10, sind die Halbleiterschalter 15 von einem elektronischen Steuergerät 16 ansteuerbar.

15 Der bürstenlose Gleichstromantrieb verfügt über eine Einrichtung zum Erzwingen eines sog. Fail-Silent-Verhaltens, die sicherstellt, daß bei Auftreten eines Fehlers im Gleichstromantrieb, der z. B. von einem defekten Halbleiterschalter 15 oder einem Wicklungsschluß in der  
20 Ankerwicklung 12 verursacht sein kann, das mit dem Gleichstromantrieb zusammenwirkende System nicht nachteilig beeinflußt oder gestört wird. Diese Einrichtung umfaßt Trennmittel, die im Fehlerfall die Verbindungen zwischen den Wicklungsphasen 13 auftrennen sowie eine im Steuergerät 16  
25 integrierte Steuereinheit 17, die einerseits den Fehlerfall erfaßt und andererseits die Trennmittel bei Auftreten des Fehlerfalls aktiviert. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 gehören zu der Steuereinheit 17 drei Meßshunts, von denen jeweils einer in die drei Verbindungsleitungen 14 zwischen  
30 Schaltvorrichtung 11 und Ankerwicklung 12 eingeschaltet ist.

In Zeitintervallen, in denen alle Halbleiterschalter 15 gesperrt sind, mißt die Steuereinheit 17 die über die

Meßshunts 18 fließenden Shuntströme. Sind alle Halbleiterschalter 15 intakt, so ist jeder Shuntstrom Null. Mißt die Steuereinheit 17 in einem der Meßshunts 18 einen signifikant von Null abweichenden Wert, so erzeugt sie ein  
5 Aktivierungssignal, das an die Trennmittel gegeben wird und diese aktiviert.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 greifen die Trennmittel im Sternpunkt 20 der Ankerwicklung 12 an und bewirken bei ihrem  
10 Aktivieren ein irreversibles Auftrennen der Sternpunktverbindung der Wicklungsphasen 13. Die Trennmittel sind hier beispielsweise als eine pyrotechnische Sprengkapsel 19 ausgebildet, wie sie z. B. bei Kraftfahrzeugen zur Auslösung der Airbags im Crashfall verwendet wird. Die  
15 elektrisch zündbare Sprengkapsel 19 ist einerseits mit der Steuereinheit 17 und andererseits mit dem Minuspotential der Gleichspannungsquelle 10 verbunden. Liefert einer der Meßshunts 18 einen signifikant von Null abweichenden Stromwert, so erzeugt die Steuereinheit 17 einen elektrischen  
20 Zündimpuls, der die Sprengkapsel 19 zündet. Die explodierende Sprengladung reißt den Sternpunkt 20 auf und die Wicklungsphasen 13 sind voneinander getrennt. Dadurch kann der systemimmanente Gleichstromantrieb, der von dem System im Fehlerfall über seine Abtriebswelle angetrieben wird, kein  
25 Bremsmoment erzeugen, da die aufgetrennte Ankerwicklung 12 keinen Generatorbetrieb zuläßt.

Mit der zu Fig. 1 beschriebenen Steuereinheit 17 können nur solche Fehler erkannt werden, die auf Defekte in den  
30 Halbleiterschaltern 15 beruhen. Um auch in der Ankerwicklung 12 auftretende Fehlermöglichkeiten zu erfassen, ist gemäß Fig. 3 die Steuereinheit 17 dahingehend modifiziert, daß die in den Zuleitungen 14 vorhandenen Meßshunts 18 entfallen und

statt dessen Meßshunts 21 zwischen dem Sternpunkt 20 und jeder Wicklungsphase 13 angeordnet sind. Die Steuereinheit 17 mißt die über die Meßshunts 21 fließenden Ströme nach Betrag und Phase und addiert diese vektoriell. Bei fehlerfreiem Gleichstrommotor ergibt das Additionsergebnis stets Null. Weicht die Vektorsumme signifikant von Null ab, erzeugt die Steuereinheit 17 wiederum ein Aktivierungssignal für die hier ebenfalls am Sternpunkt 20 angreifenden Trennmittel. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 weisen die Trennmittel eine Schmelzsicherung 22 auf, die bei Aktivierung durch die Steuereinheit 17 kurzfristig so erhitzt wird, daß sie durchschmilzt und damit den Sternpunkt 20 auftrennt. Zur Aufheizung der Schmelzsicherung 22 wird eine Heizwendel 24 verwendet, die über einen von der Steuereinheit 17 gesteuerten Leistungsschalter an der Gleichspannungsquelle 10 angeschlossen ist.

Die Ankerwicklung 12 des Synchronmotors kann selbstverständlich auch beispielsweise in Dreieck geschaltet sein, wie dies in Fig. 2 im Schaltbild dargestellt ist. Die Wicklungsphasen 13 sind dabei mit den Wicklungsanschlüssen 1, 2 und 3 verbunden. Die Trennmittel zum Auftrennen der Wicklungsphasen 13 im Fehlerfall sind in den Wicklungsphasen 13 integriert und mit diesen in Reihe geschaltet. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 bewirken die Trennmittel bei ihrem Ansprechen eine reversible Auftrennung der Ankerwicklung 12. Hierzu ist zwischen den Wicklungsanschlüssen 1, 2 und 3 und den Wicklungsphasen 13 jeweils ein elektrischer Schaltkontakt 23 angeordnet, der elektronisch oder mechanisch steuerbar ist. Elektronisch steuerbare Schaltkontakte 23 werden beispielsweise durch Transistoren oder Thyristoren realisiert, mechanisch



steuerbare Schaltkontakte 23 können beispielsweise als elektromagnetisches Relais ausgeführt werden.

5

10



15

20



25

30

R. 37638

11.02.2000

5

ROBERT BOSCH GmbH, 70442 Stuttgart

10



Patentansprüche

15

1. Bürstenloser Gleichstromantrieb mit einem eine  
mehrphasige Ankerwicklung (12) aufweisenden  
20 Synchronmotor, mit einer der Ankerwicklung (12)  
vorgeschaleteten, von einem elektronischen Steuergerät  
(16) gesteuerten Schaltvorrichtung (11) zum Kommutieren  
der Ankerwicklung (12) und mit einer Einrichtung zum  
Erzeugen eines Fail-Silent-Verhaltens, dadurch  
25 gekennzeichnet, daß die Einrichtung im Fehlerfall  
ansprechende Trennmittel aufweist, die die Verbindungen  
zwischen den Wicklungsphasen (13) der Ankerwicklung (12)  
auftrennen.
- 30 2. Gleichstromantrieb nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, daß die Trennmittel durch eine den  
Fehlerfall erkennende Steuereinheit (17) aktivierbar  
sind.

3. Gleichstromantrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel so ausgebildet sind, daß sie eine irreversible Auftrennung bewirken.

5

4. Gleichstromantrieb nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel mindestens eine von der Steuereinheit (17) auslösbare pyrotechnische Sprengkapsel (19) aufweisen.

10

5. Gleichstromantrieb nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel mindestens eine von der Steuereinheit (17) ansteuerbare Schmelzsicherung (22) aufweisen.

15

6. Gleichstromantrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel so ausgebildet sind, daß sie eine reversible Auftrennung bewirken.

20

7. Gleichstromantrieb nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel in den Wicklungsphasen (13) angeordnete elektrische Schaltkontakte (23) aufweisen, die elektronisch oder mechanisch steuerbar sind.

25

8. Gleichstromantrieb nach einem der Ansprüche 1 - 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerwicklung (12) in Stern geschaltet ist und die Trennmittel im Sternpunkt (20) angeordnet sind.

30

9. Gleichstromantrieb nach einem der Ansprüche 1 - 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerwicklung (12) in

Dreieck geschaltet ist und die Trennmittel mit jeder Wicklungsphase (13) in Reihe geschaltet sind.

- 5 10. Gleichstromantrieb nach einem der Ansprüche 2 - 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltvorrichtung (11) Halbleiterschalter (15) in Brückenschaltung aufweist, daß die den Fehlerfall erkennende Steuereinheit (17) in jeder Verbindungsleitung (14) zwischen Schaltervorrichtung (11) und Ankerwicklung (12) angeordnete Meßshunts (18) aufweist und daß die Steuereinheit (17) in gleichzeitigen Sperrphasen aller Halbleiterschalter (15) die über die Meßshunts (18) fließenden Ströme mißt und bei Auftreten eines signifikant von Null abweichenden Stromwerts in
- 10 15 mindestens einem der Meßshunts (18) ein Aktivierungssignal an die Trennmittel ausgibt.
- 20 11. Gleichstromantrieb nach einem der Ansprüche 2 - 9, dadurch gekennzeichnet, daß die den Fehlerfall erkennende Steuereinheit (17) Meßshunts (21) aufweist, die jeweils eine Wicklungsphase (13) der Ankerwicklung (12) mit dem Sternpunkt (20) verbinden, und daß die Steuereinheit (17) fortlaufend die Shuntströme nach Betrag und Phase mißt und vektoriell addiert und bei
- 25 signifikantem Abweichen der Vektorsumme von Null ein Aktivierungssignal an die Trennmittel gibt.

2/2

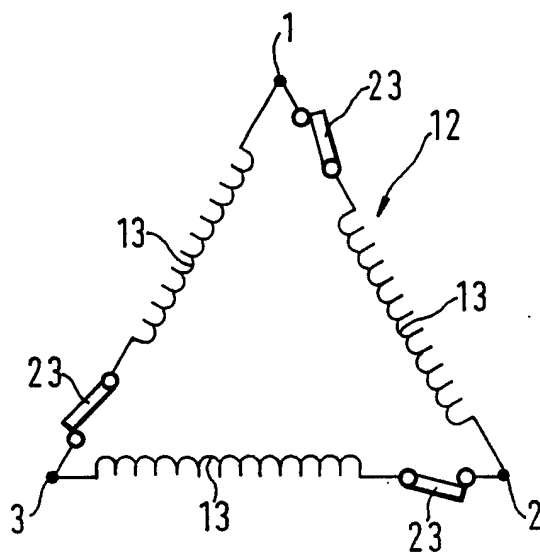


Fig. 2

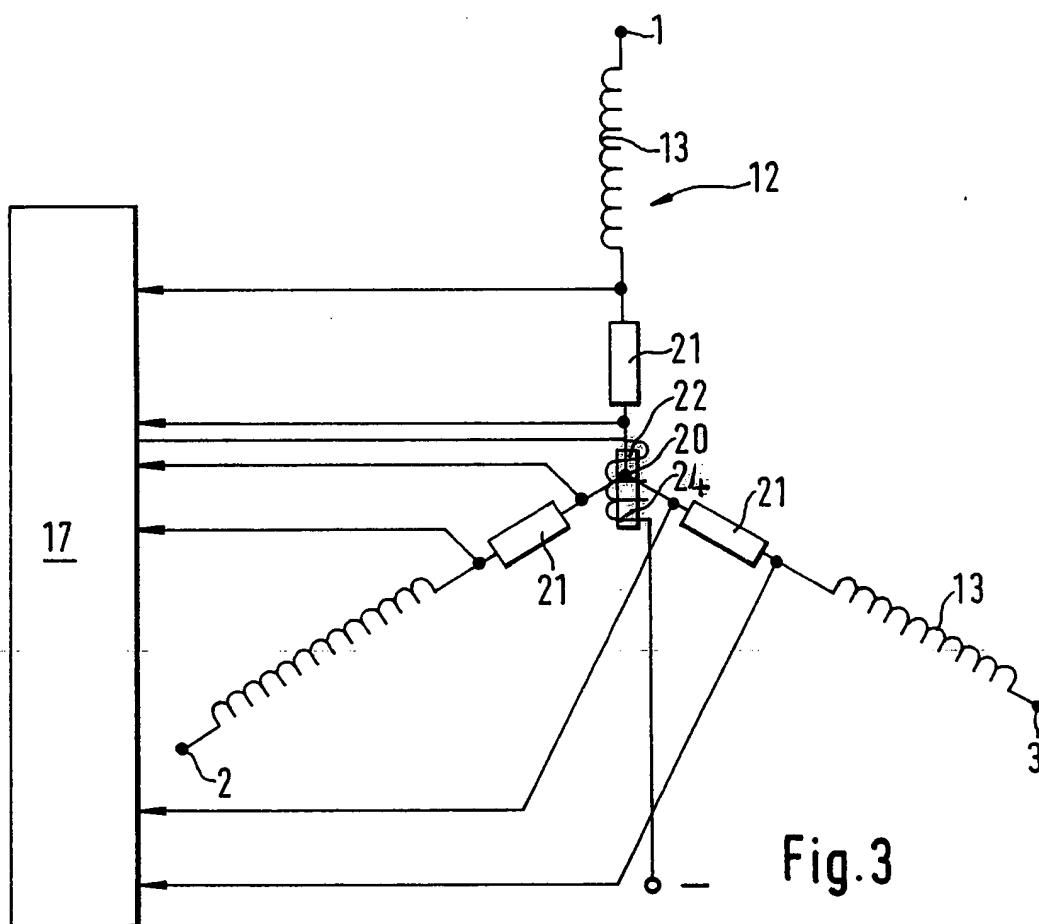


Fig. 3